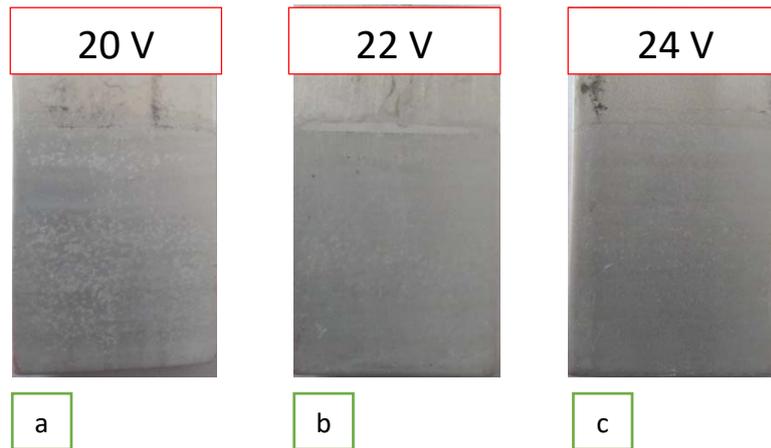
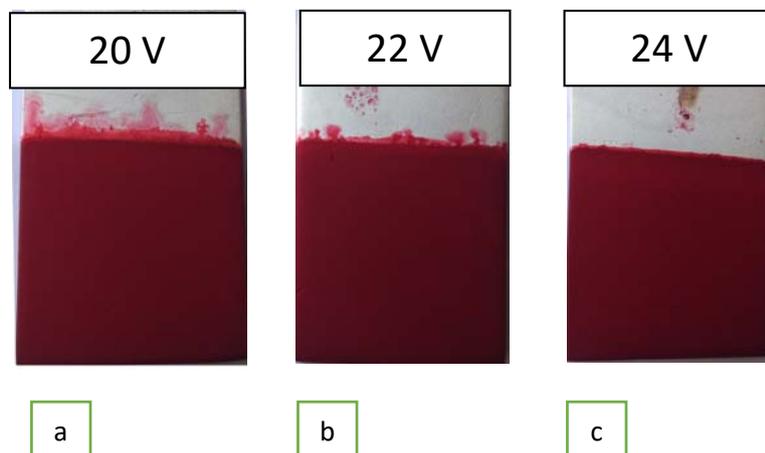


BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukam proses anodizing pada alumunium seri 1xxx, diperoleh data-data dari hasil pengujian yang akan dijabarkan melalui beberapa pembahasan dari jenis-jenis pengujian. Berikut adalah benda spesimen setelah proses anodizing pada gambar 4.1 dan coloring sebelum dilakukan pengujian, seperti pada Gambar 4.2.



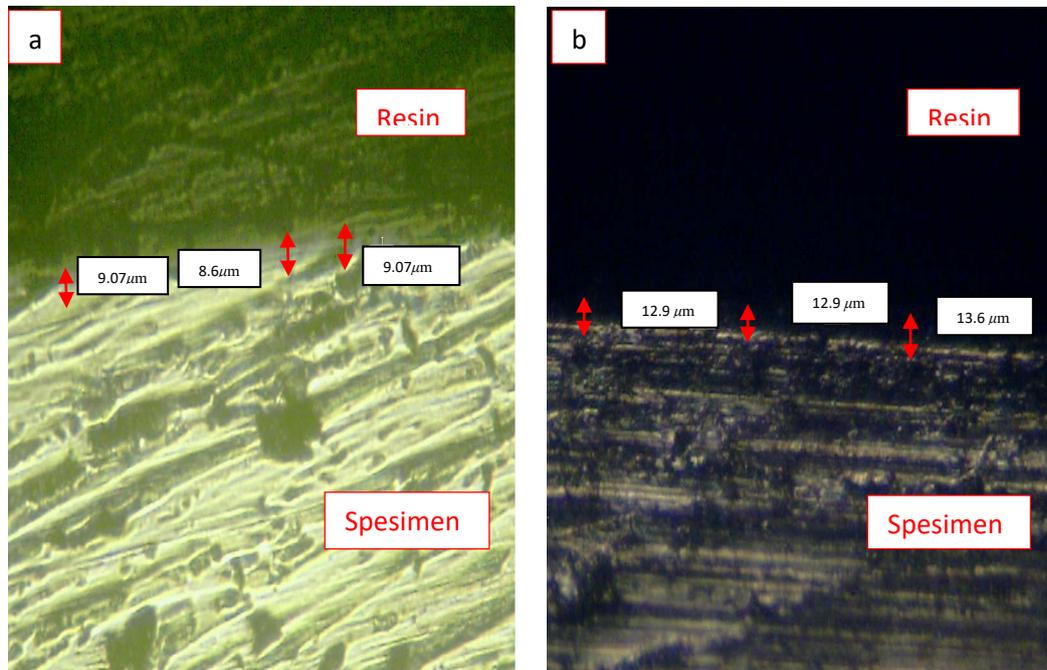
Gambar 4.1 Spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* sebelum dilakukan pengujian (a) anodizing dengan tegangan 20 volt (b) anodizing dengan tegangan 22 volt, (c) anodizing dengan tegangan 24 volt.



Gambar 4.2 Spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *colouring* sebelum dilakukan pengujian (a) anodizing dengan tegangan 20 volt (b) dengan tegangan 22 volt, (c) dengan tegangan 24 volt.

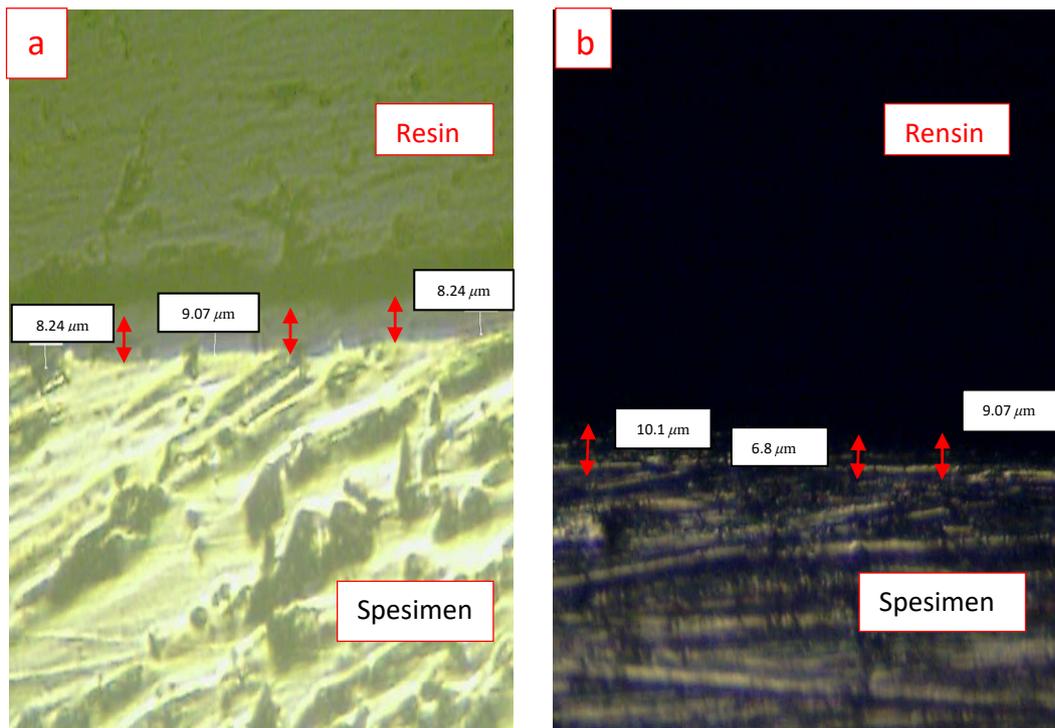
4.1. Hasil Pengujian Foto Struktur Mikro

Pengujian foto struktur mikro ini adalah untuk mengetahui seberapa besar ketebalan lapisan oksida 3 spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *colouring* dengan 3 Variasi tegangan.



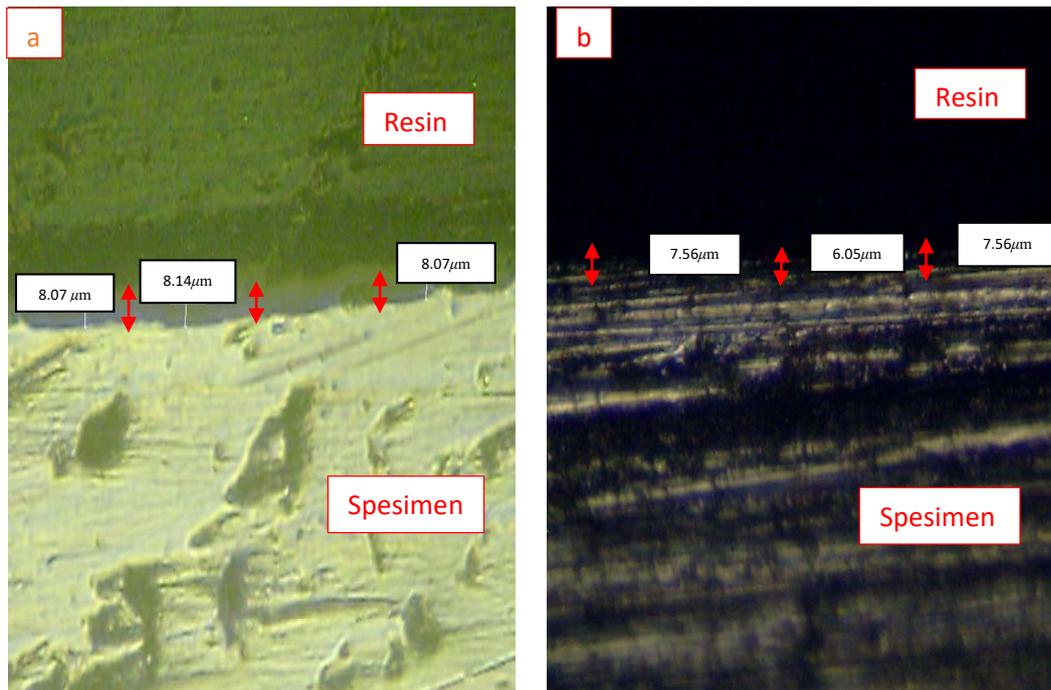
Gambar 4.3 Foto mikro tegangan 20 volt, (a) Setelah proses *anodizing*, (b) Setelah proses *anodizing* dan *colouring*

Pada gambar 4.3 menunjukkan hasil pengujian ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* dengan tegangan 20 volt , kuat arus 2 Ampere ,dengan waktu pencelupan 10 menit rata-rata $8,91 \mu\text{m} \pm 0,27$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 (a). Sedangkan untuk ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* dan *colouring* dengan variabel yang sudah dirata-rata menjadi $13,1 \mu\text{m} \pm 0,40$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4,2 (b).



Gambar 4.4 Foto tegangan 22 volt, (a) Setelah proses *anodizing*, (b) Setelah proses *anodizing* dan *colouring*

Pada gambar 4.4 menunjukkan hasil pengujian ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* dengan tegangan 22 volt kuat arus 2 Ampere, dan dengan waktu pencelupan 10 menit yang sudah dirata-rata menjadi $8,51 \mu\text{m} \pm 0,47$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 (a). Sedangkan pada Gambar 4.3 (b) menunjukkan bahwa ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* dan *colouring* dengan variabel yang sudah di rata-rata menjadi $8,86 \mu\text{m} \pm 1,80$.



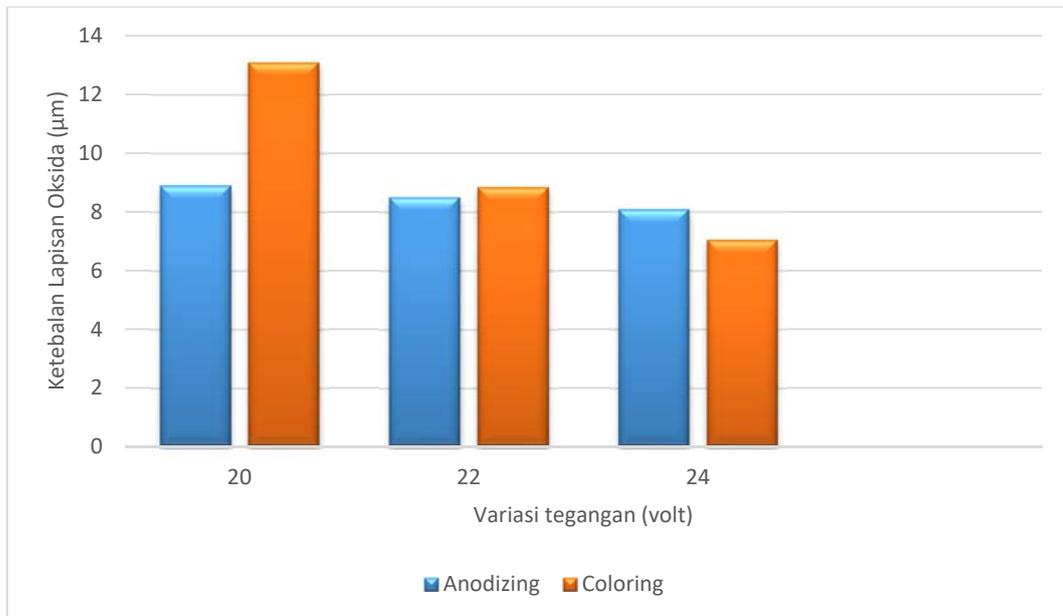
Gambar 4.5 Foto tegangan 24 volt, (a) Setelah proses *anodizing*, (b) Setelah proses *anodizing* dan *colouring*

Pada gambar 4.5 menunjukkan hasil pengujian ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* dengan tegangan 24 volt, kuat arus 2 Ampere, dan dengan waktu pencelupan 10 menit yang sudah dirata-rata menjadi $8.09 \mu\text{m} \pm 0,04$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 (a). Sedangkan pada Gambar 4.3 (b) menunjukkan bahwa ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* dan *coloring* dengan variabel yang sudah di rata-rata menjadi $7,05 \mu\text{m} \pm 0,87$.

Dari semua hasil pengujian foto mikro ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* dan *colouring*, dapat disimpulkan dengan menggunakan tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil pengujian dan perhitungan ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* dan *colouring* dengan tegangan 20 volt, 22 volt dan 24 volt.

Variasi Tegangan	Ketebalan Lapisan Oksida	Hasil Ketebalan Lapisan Oksida(μm)	Hasil Rata-rata Ketebalan Lapisan Oksida(μm)	
20 volt	Anodizing	9,07	8,91 $\mu\text{m}\pm 0,27$	
		8,6		
		9,07		
	Colouring	12,9		
		12,9		
		13,6		
22 volt	Anodizing	8,24	8,51 $\mu\text{m}\pm 0,47$	
		9,07		
		8,24		
	Colouring	10,1		
		6,8		
		9,7		
24 volt	Anodizing	8,07	8,09 $\mu\text{m}\pm 0,04$	
		8,14		
		8,07		
	Colouring	7,56		7,05 $\mu\text{m}\pm 0,87$
		6,05		
		7,56		



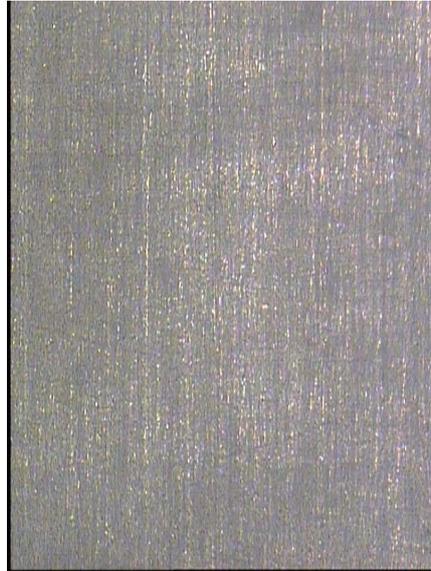
Gambar 4.6 Grafik perbandingan antara nilai ketebalan (μm) rata-rata dengan variasi tegangan pada proses *anodizing* dan *coloring*

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan 20 volt, 22 volt dan 24 volt setelah proses anodizing menghasilkan lapisan oksida pada permukaan alumunium sebesar $8,91 \mu\text{m}$, $8,51 \mu\text{m}$ dan $8,09 \mu\text{m}$ secara berurutan. Sedangkan pada tegangan yang sama setelah proses anodizing dan colouring menghasilkan nilai ketebalan dari lapisan oksida sebesar $13,1 \mu\text{m}$, $8,86 \mu\text{m}$ dan $7,05 \mu\text{m}$ secara berurutan. Dan untuk ketebalan oksida paling tinggi pada tegangan 20 volt setelah proses anodizing dan colouring $13,1 \mu\text{m}$, sedangkan nilai ketebalan lapisan oksida paling rendah setelah proses anodizing yaitu pada tegangan 24 volt, $8,09 \mu\text{m}$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tegangan listrik dapat mempengaruhi ketebalan lapisan oksida, semakin kecil tegangan yang diberikan akan membentuk suatu lapisan oksida yang semakin tebal.

Dengan demikian dari hasil pengujian pada grafik diatas maka dapat di simpulkan bahwa semakin kecil tegangan yang diberikan pada proses anodizing mempengaruhi ketebalan oksida yang dihasilkan akan semakin tebal.

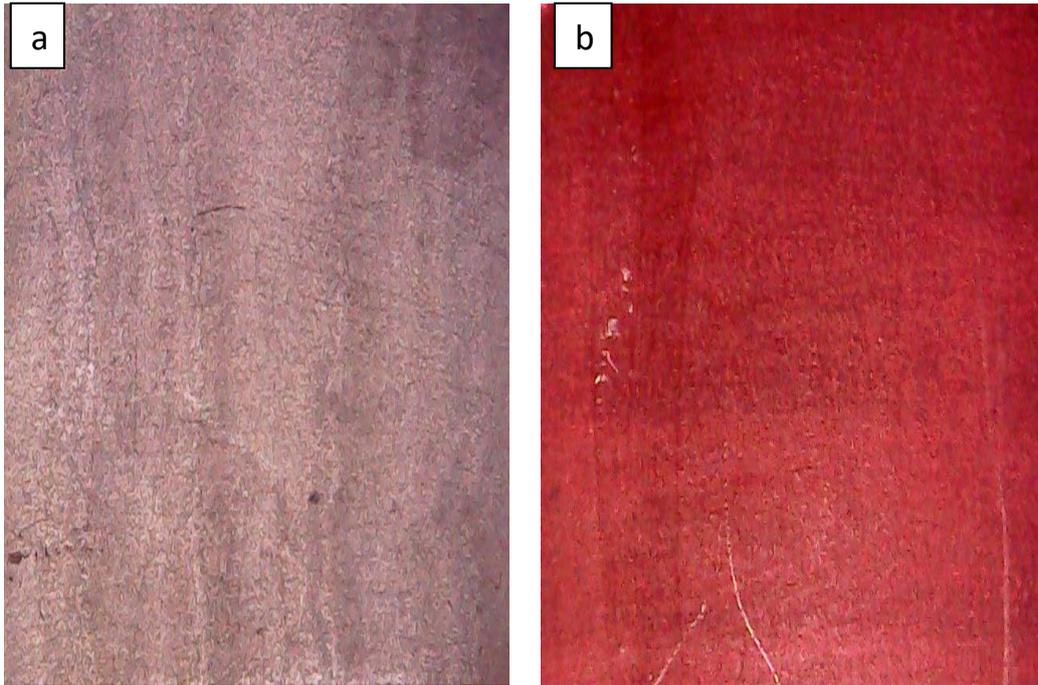
4.2. Hasil Pengujian Foto Struktur Makro Permukaan

Pengujian foto struktur makro ini ditujukan untuk mengetahui struktur permukaan aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *colouring*. Berikut ini adalah hasil pengujian foto makro struktur permukaan *raw material*, spesimen setelah proses *anodizing* dan *colouring*.



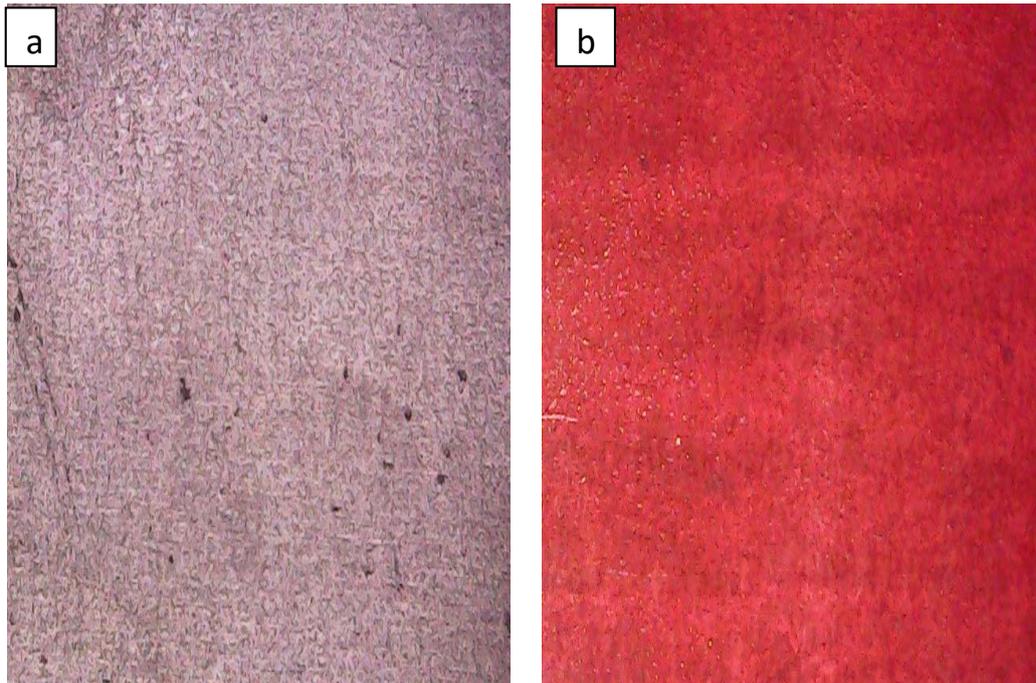
Gambar 4.7 Foto makro raw material

Gambar 4.7 menunjukkan hasil pengujian foto makro *raw material*, maka dapat disimpulkan bahwa struktur permukaan *raw material* belum terbentuk lapisan oksida dan masih terlihat permukaan aluminium yang belum dilakukan perlakuan dan proses *anodizing*. Berikut adalah hasil pengujian foto makro struktur permukaan pada proses *anodizing* dengan variasi tegangan 20 volt , 22 volt dan 24 volt.



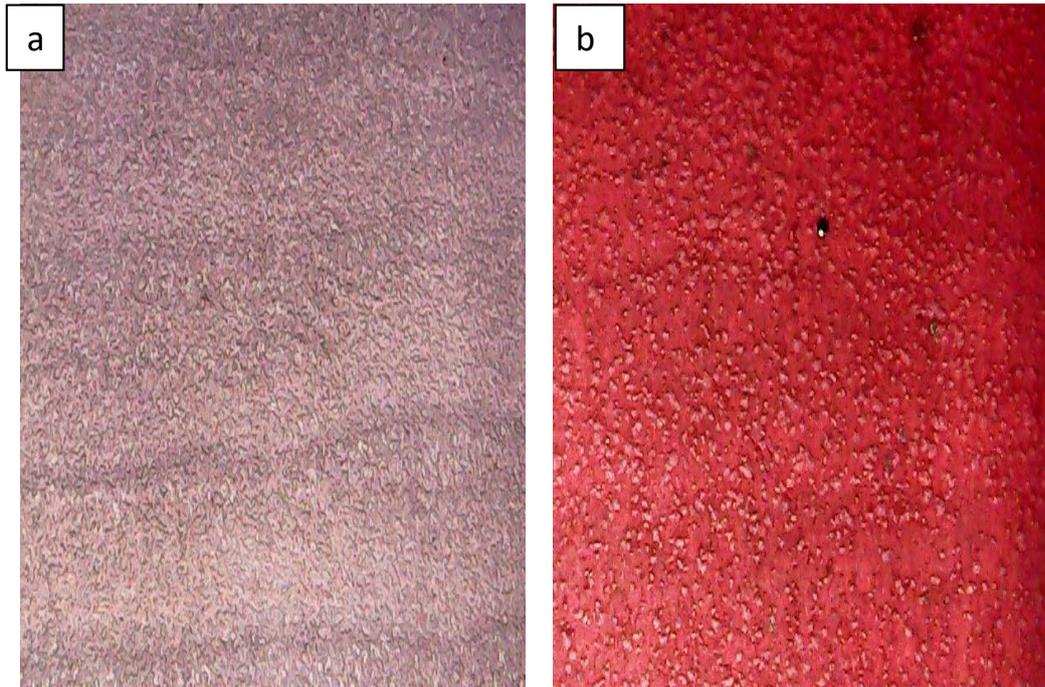
**Gambar 4.8 Foto makro variasi tegangan 20 volt, (a).Setelah proses *anodizing*, (b).
Setelah proses *anodizing* dan *colouring***

Gambar 4.8 menunjukkan hasil pengujian foto makro dari permukaan aluminium yang telah di *anodizing*, dari gambar di atas maka dapat disimpulkan bahwa pada Gambar 4.8 (a) setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium yang terbentuk sudah sangat baik dan masih flat. Sedangkan pada Gambar 4.8 (b) setelah proses *anodizing* dan *colouring*, pori-pori aluminium sudah tertutup oleh larutan pewarna dan larutan *sealing*. Secara visual permukaannya terlihat lebih halus akan tetapi di beberapa bagian masih terlihat kasar. Hasil dari proses *colouring* terlihat lebih tipis dibandingkan dengan tegangan 22 volt dan 24 volt. Hal itu disebabkan karena tegangan yang diberikan lebih besar.



Gambar 4.9 Foto makro tegangan 22 volt, (a).Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *anodizing* dan *colouring*

Gambar 4.9 menunjukkan hasil pengujian foto makro dari permukaan aluminium yang telah di *anodizing dan colouring*, pada Gambar 4.9 (a) setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium mulai terbuka namun ukurannya tidak besar. Namun jika dibandingkan dengan jarak percobaan sebelumnya pada proses *anodizing*, dengan tegangan 20 volt pori – pori yang terbentuk lebih merata. pada Gambar 4.9 (b), setelah proses *anodizing* dan *colouring*, pori-pori aluminium sudah tertutup namun secara visual warna yang ada di permukaannya terlihat lebih halus dan lebih homogen dibandingkan dengan dengan tegangan 20 volt. Hal itu diduga karena pori-pori yang terbentuk lebih merata, dikarenakan tegangan yang di berikan lebih tinggi .



Gambar 4.10 Foto makro tegangan 24 volt, (a).Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *anodizing* dan *colouring*

Gambar 4.10 menunjukkan hasil pengujian foto makro dari permukaan aluminium yang telah di *anodizing*, dari gambar di atas dapat di analisis bahwa pada Gambar 4.10 (a) setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium terlihat mulai terbuka. Sedangkan pada Gambar 4.10 (b), setelah proses *anodizing* dan *colouring* pada pori-pori aluminium terlihat sudah mulai tertutup secara merata, akan tetapi dari tampilan visual permukaannya terlihat kasar, hal itu disebabkan karena tegangan yang diberikan lebih besar akan meningkatkan kemampuan larutan elektrolit untuk menyerang (*chemical attack*) lapisan oksida untuk membentuk pori yang lebih lebar pada permukaan, sehingga zat warna akan terdeposisi ke dalam pori lebih banyak. pori-pori yang terbentuk tersebut ukurannya tidak merata akan tetapi warna yang dihasilkan lebih pekat dari yang lainnya.

4.3. Hasil Pengujian Kekasaran permukaan pada Aluminium seri 1XXX

Pengujian kekasaran permukaan bertujuan untuk membandingkan nilai kekasaran permukaan raw material, ketebalan lapisan oksida setelah dianodizing dan coloring pada Aluminium seri 1XXX. Dari penelitian kekasaran dapat diketahui nilai kekasaran rata-rata (R_a), kekasaran maksimum (R_{max}) dan kekasaran total rata-rata (R_z). Berikut adalah hasil dari pengujian kekasaran raw material, spesimen setelah proses anodizing dan sealing.

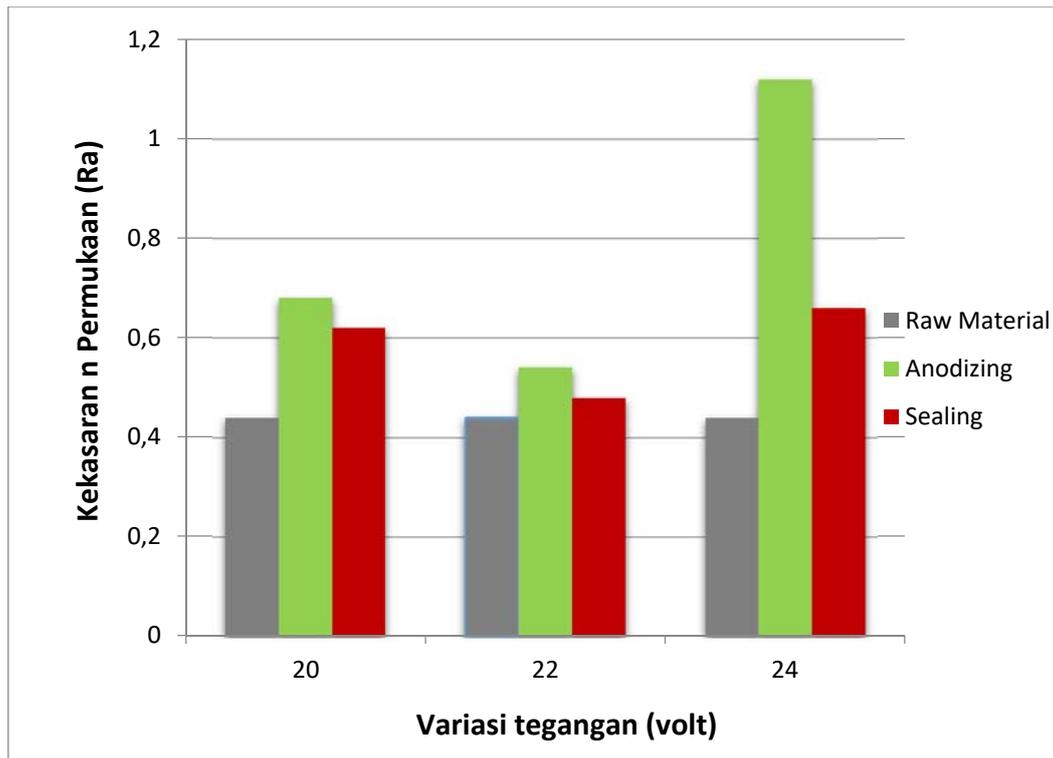
Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian kekasaran setelah proses *anodizing* dan *colouring*, dapat disimpulkan dengan menggunakan tabel dan grafik sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil pengujian kekasaran pada bahan Alumunium seri 1XXX.

No	Variasi Tegangan	Posisi Titik Uji	Kekasaran Ra (μm)	Kekasaran Rmax (μm)	Kekasaran Rz (μm)
1	Raw Material	Acak	0,44	5,31	3,74
2	20 volt	Anodizing	0,68	9,92	5,28
		Sealing	0,62	7,42	4,24
3	22 volt	Anodizing	0,54	8,26	4,26
		Sealing	0,48	8,78	3,70
4	24 volt	Anodizing	1,12	10,02	6,94
		Sealing	0,66	8,18	4,46

Berdasarkan tabel 4.2 menunjukkan bahwa hasil pengujian kekasaran pada permukaan Alumunium seri 1XXX setelah *anodizing* dengan variasi tegangan 20 volt, 22 volt dan 24 volt. Nilai kekasaran pada tegangan 20 volt setelah dianodizing adalah Ra 0,68 μ m, Rmax 9,92 μ m dan Rz 5,28 μ m. Pada tegangan 22 volt menghasilkan nilai kekasaran Ra 0,54 μ m, Rmax 8,26 μ m dan Rz 4,26 μ m. Dan nilai kekasaran pada tegangan 24 volt dengan nilai Ra 1,12 μ m, Rmax 10,02 μ m dan Rz 6,94 μ m. Dari tabel diatas dapat diketahui secara keseluruhan nilai kekasaran yang paling tinggi pada proses *anodizing* ada pada tegangan 24volt Ra 1,12 μ m, Rmax 10,02 μ m dan Rz 6,94 μ m. Dan kekasaran yang terendah ada pada tegangan 22 volt Ra 0,54 μ m, Rmax 8,26 μ m dan Rz 4,26 μ m.

Dari tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian kekasaran pada permukaan Alumunium seri 1XXX setelah *anodizing* dan *colouring* variasi tegangan 20 volt, 22 volt dan 24 volt. Nilai kekasaran pada tegangan 20 volt setelah dianodizing adalah Ra 0,62 μ m, Rmax 7,42 μ m dan Rz 4,24 μ m. Pada tegangan 22 volt menghasilkan nilai kekasaran Ra 0,48 μ m, Rmax 8,78 μ m dan Rz 3,70 μ m. Dan nilai kekasaran pada tegangan 24 volt dengan nilai Ra 0,66 μ m, Rmax 8,18 μ m dan Rz 4,46 μ m. Dari tabel diatas dapat diketahui secara keseluruhan nilai kekasaran yang paling tinggi pada proses *anodizing* dan *colouring* ada pada tegangan 24 volt, Ra 0,66 μ m, Rmax 8,18 μ m dan Rz 4,46 μ m. Dan kekasaran yang terendah ada pada tegangan 22 volt Ra 0,48 μ m, Rmax 8,78 μ m dan Rz 3,70 μ m.



Gambar 4.11 Grafik perbandingan antara nilai kekasaran Ra dengan variasi tegangan setelah proses *Anodizing* dan *Sealing*.

Grafik diatas pada Gambar 4.7 menunjukkan pada variasi tegangan 20 volt, 22 volt dan 24 volt pada proses *anodizing* menghasilkan nilai kekasaran Ra, 20 volt 0,68 μm , 22 volt 0,54 μm dan 24 volt 1,12 μm . Sedangkan nilai kekasaran Ra setelah proses *anodizing* dan *colouring* menghasilkan nilai Ra, 20 volt 0,62 μm , 22 volt 0,48 μm dan 24 volt 0,66 μm s. Kemudian nilai kekasaran Ra yang tertinggi setelah proses *anodizing* pada tegangan 24 volt sebesar 1,12 μm dan terendah pada tegangan 22 volt sebesar 0,54 μm sedangkan nilai kekasaran Ra tertinggi setelah proses *anodizing* dan *colouring* ada pada tegangan 24 volt sebesar 0,66 μm . Dan yang terendah pada tegangan 22 volt sebesar 0,48 μm . Dari hasil pengujian yang dilampirkan pada grafik diatas, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar tegangan yg diberikan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan pada bahan Aluminium seri 1XXX, karena semakin besar tegangan yang diberikan maka akan semakin tinggi nilai kekasaran yang terjadi.

4.4. Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers* pada Permukaan Aluminium

Pengujian kekerasan pada permukaan bertujuan untuk membandingkan nilai kekerasan permukaan *raw material*, ketebalan lapisan oksida setelah *anodizing*, *coloring* dan *sealing* pada aluminium 1XXX. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Vickers Micro Hardness (VHN)* dengan pembebanan 100 gf. Hasil dari pengujian tersebut kemudian dihitung

untuk mengetahui tingkat kekerasan pada permukaan aluminium seri 1XXX yang sudah di *anodizing* dengan variasi asam sulfat pada larutan *anodiz*.

Berikut adalah contoh perhitungan nilai kekerasan rata-rata (VHN) ketebalan lapisan oksida pada *raw* material.

$$\text{Kekerasan rata - rata} = \frac{1,854 \times P}{(d^2)}$$

Diketahui :

$$P = 100 \text{ (gf)}$$

$$P = 100\text{gf} \cdot 10 \times 10^{-3} \text{ kgf}$$

$$P = 0,1 \text{ kgf}$$

$$d_{\text{rata-rata}} = \frac{43+42}{2} (\mu\text{m}) = 42,5 \mu\text{m} \times 10^{-3} = 0,0425 \text{ mm}$$

$$\text{Kekerasan rata - rata} = \frac{1,854 \times 0,1}{(d^2)}$$

$$\text{Kekerasan rata - rata} = \frac{1,854 \times 0,1}{(0,0425^2)}$$

$$\text{Kekerasan rata - rata} = 102,14 \text{ VHN}$$

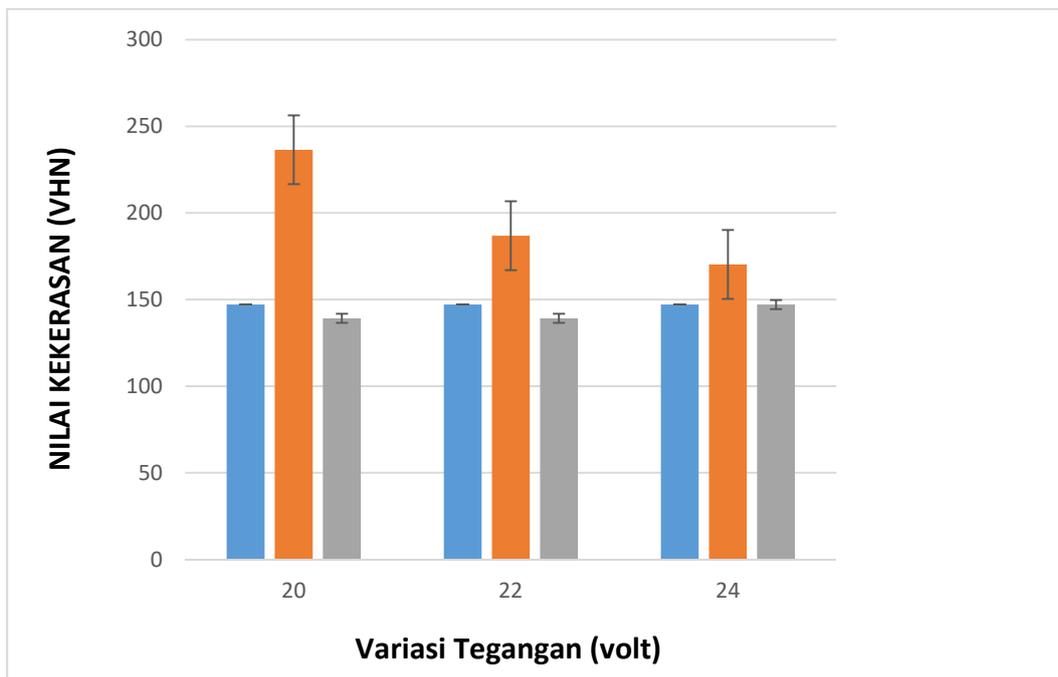
Contoh perhitungan nilai kekerasan rata-rata (VHN) ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* dan *colouring* dengan variasi tegangan 20 volt,22 volt,24 volt (Tabel 4.1). Perhitungan terdapat pada lampiran.

Berikut ini adalah hasil pengujian dan perhitungan yang telah di lakukan pada aluminium seri 1XXX sebelum dan sesudah *anodizing* serta *colouring* dengan variasi konsentrasi asam sulfat larutan *anodiz* pada proses *anodizing*.

Tabel 4.3 Hasil pengujian dan perhitungan kekerasan permukaan setelah proses *anodizing* dengan variasi tegangan 20 volt, 22 volt, 24 volt.

No	Variasi Tegangan	Posisi Titik Uji	D1	D2	D _{rata-rata} (μm)	Kekerasan (VHN)	Kekerasan Rata-rata (VHN)
			(μm)	(μm)			
1	Raw Material	Acak	35	35	35	151,34	147,16 \pm 4,14
			35	36	35,5	147,11	
			36	36	36	143,05	
2	20 volt	Anodizing	29	29	29	220,45	234,02 \pm 12,53
			27,5	27,5	27,5	245,15	
			28	28	28	236,47	
		Sealing	37	37	37	135,42	136,66 \pm 2,15
			37	37	37	135,42	
			36,5	36,5	36,5	139,16	
3	22 volt	Anodizing	32	32	32	181,05	181,13 \pm 5,66
			31,5	31,5	31,5	186,84	
			32,5	32,5	32,5	175,52	
		Sealing	37,5	37,5	37,5	131,84	134,28 \pm 4,22
			37,5	37,5	37,5	131,84	
			36,5	36,6	36,5	139,16	
4	24 volt	Anodizing	35	35	35	151,34	158,51 \pm 10,23
			35	34,5	34,7	153,97	
			33	33	33	170,24	
		Sealing	35,5	35,5	35,5	147,11	143,10 \pm 3,97
			36	36	36	143,05	
			36,5	36,5	36,5	139,16	

Table di atas menunjukkan hasil pengujian mikro vikers pada permukaan aluminium yang telah di *anodizing* dengan variasi tegangan .Dari tabel di atas dapat di analisis bahwa setiap titik memiliki nilai yang berbeda, pada tegangan 20 volt kekerasan permukaan yang terbentuk lebih tinggi dari variasi tegangan lainnya dan terendah pada tegangan 24 volt.Nilai kekerasan tertinggi pada tegangan 20 volt meningkat signifikan dari 147.16 VHN (raw material) menjadi 234.02 (VHN), sedangkan pada tegangan 22 volt dan 24 volt mengalami kekerasan tidak terlalu jauh dari keduanya.



Gambar 4.14 Grafik perbandingan antara nilai kekerasan (VHN) rata-rata dengan variasi tegangan setelah proses *anodizing* dan *sealing*.

Grafik diatas pada Gambar 4.14 menunjukkan pada variasi tegangan setelah proses *anodizing* menghasilkan kekerasan rata-rata 20 volt 236,47 VHN, 22 volt 186,84 VHN, dan 24 volt 170,24 VHN secara berurutan. Sedangkan pada variasi konsentrasi yang sama setelah proses *anodizing* dan *colouring* menghasilkan nilai kekerasan rata-rata 20 volt 139,16 VHN, 22 volt 139,16 VHN, dan 24 volt 147,11 VHN . Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada grafik diatas, maka dapat disimpulkan bahwa tegangan pada proses *anodizing* mempengaruhi nilai kekerasan permukaan dari aluminium seri 1XXX. Kemudian untuk nilai kekerasan tertinggi pada 20 volt setelah proses *anodizing* sebesar 236,47 VHN, sedangkan nilai kekerasan tertinggi setelah proses *anodizing* dan *sealing* pada tegangan 24 volt yaitu sebesar 147,11

VHN. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar tegangan yang diberikan akan menurunkan tingkat kekerasan yang dihasilkan.

Priyanto, A.,(2012) membahas tentang *pengaruh variasi arus listrik terhadap kekerasan permukaan logam aluminium seri 5XXX pada proses Anodizing*. Penelitian tersebut menggunakan jenis logam aluminium seri 5XXX, dengan dimensi panjang 100 mm, lebar 30 mm dan tebal 4 mm. Variasi arus yang digunakan adalah 1 Ampere, 2 Ampere, 3 Ampere, dengan waktu pencelupan selama 30 menit. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kekerasan (vikers) dan pengujian foto mikro. Hasil penelitian menunjukkan pada variasi kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, 3 Ampere menghasilkan kekerasan rata-rata permukaan sebesar 66,1 VHN, 64,8 VHN, 64 VHN, secara berurutan.

Maka dapat disimpulkan bahwa perbandingan nilai kekerasan dengan penelitian di atas memiliki nilai kekerasan yang lebih baik.